

ת"ז

שם מלא

דף נוסחאות כללי

3 כפיפה משופעת

אינרציה:

$$X_i = \int_A x_i dA \quad I_{ij} = \int_A x_i x_j dA$$

מרכז הכובד של התת-חיתך: ²

$$Q_i = \int_{\bar{A}} x_i dA = \bar{x} A$$

כאשר $\bar{x}$ הוא מרכז הכובד של התת-חיתך ביחס למרכז הכובד של כלל החיתך.

מאמץ נורמלי בכפיפה משופעת:

$$\sigma_{11} = \frac{N}{A} + \frac{(M_2 I_{22} + M_3 I_{23}) x_3 - (M_3 I_{33} + M_2 I_{23}) x_2}{I_{22} I_{33} - (I_{23})^2}$$

במערכת ראשית:

$$\sigma_{11} = \frac{N}{A} + \frac{M_2}{I_{33}} x_3 - \frac{M_3}{I_{22}} x_2$$

ציר ניטרלי יתקבל כאשר $\sigma_{11} = 0$.

מאמץ גזירה בכפיפה משופעת:

$$\tau = -\frac{1}{t} \left(\frac{(V_3 I_{22} - V_2 I_{23}) Q_3 - (V_3 I_{23} - V_2 I_{33}) Q_2}{I_{22} I_{33} - (I_{23})^2} \right)$$

במערכת ראשית:

$$\tau = -\frac{1}{t} \left(\frac{V_2 Q_2}{I_{22}} + \frac{V_3 Q_3}{I_{33}} \right)$$

משפט שטיינר:

טנזור האינרציה לאחר ההעתקה של מערכת צירים Δ_i, Δ_j וטנזור אינרציה מקורי I'_{ij} נתון ע"י:

$$I'_{ij} = I_{ij} + \Delta_i \Delta_j A - \Delta_j X_i - \Delta_i X_j$$

$$I'_{ij} = I_{ij} + \Delta_i \Delta_j A \quad (X_i = X_j = 0)$$

ניתן לראות ממשפט זה שהרכיבים על האלכסון של טנזור האינרציה יהיו הכי קטנים כאשר הוא מחושב במרכז במסה.

זרימת הגזירה: זרימת הגזירה הכוללת שנכנסת לצומת שווה לזרימת הגזירה הכוללת שיוצאת ממנה.

1 משוואות מסדר שני בשני משתנים

מושגים:

¹ צורה כללית:

$$au_{xx} + 2bu_{xy} + cu_{yy} + du_x + eu_y + fu = 0$$

הדיסקרימיננטה (δ) של המשוואה מוגדרת כ:

$$\delta \equiv b^2 - ac$$

החלק העיקרי של המשוואה מוגדר כ:

$$au_{xx} + 2bu_{xy} + cu_{yy}$$

2 קריטריוני כניעה וכשל

קריטריון רנקין:

$$\sigma_{eq} = \max \left\{ \left| \sigma^{(i)} \right| \right\}$$

קריטריון טרסקה:

$$\sigma_{eq} = \max \left\{ \left| \sigma^{(1)} - \sigma^{(2)} \right|, \left| \sigma^{(2)} - \sigma^{(3)} \right|, \left| \sigma^{(1)} - \sigma^{(3)} \right| \right\}$$

קריטריון פון-מיזס:

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma^{(1)} - \sigma^{(2)})^2 + (\sigma^{(1)} - \sigma^{(3)})^2 + (\sigma^{(3)} - \sigma^{(2)})^2}$$

מקדמי ביטחון K :

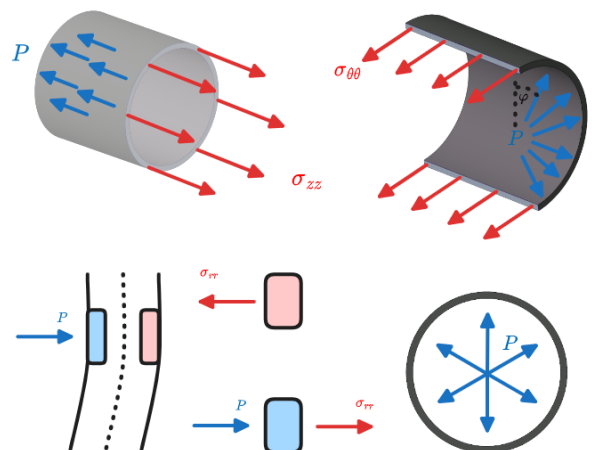
$$\sigma_{eq} = \frac{\sigma_y}{K}$$

מיכלי לחץ גליליים דקי דופן:

$$\sigma_{rr} \approx 0, \quad \sigma_{zz} = \frac{1}{2} P \frac{R}{t}, \quad \sigma_{\theta\theta} = P \frac{R}{t}$$

אם המיכל נתון תחת פיתול T :

$$\sigma_{\theta z} = \frac{Tr}{J}$$



איור 1: החתכים שבעזרתם נמצאו המאמצים במיכל לחץ.

4 שיטות אנרגיה

אנרגיית שינוי צורה:

$$U = \frac{1}{2} \int_V \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} dV$$

במקרה של קורה במתיחה:

$$U = \int_L \frac{1}{2} \frac{N^2}{EA} dx_1$$

קורה בפיתול:

$$U = \frac{1}{2} \int_L \frac{T^2}{GJ} dx_1$$

קורה בכפיפה:

$$U = \frac{1}{2} \int_L \frac{(M_2)^2}{EI_{33}} + \frac{(M_3)^2}{EI_{22}} dx_1$$

כוח והזזה מוכללים:

כוח מוכלל (כוח מרוכז או מומנט) מסומן ב- Q_i .ההזזה המוכללת (שקיעה/זווית) במקום ובכיוון בו פועל Q_i מסומן ב- q_i .

כוח והזזה מוכללים קשורים לינארית ע"י מטריצת ההיענות/הקשיחות:

$$Q_i = K_{ij} q_j \quad \text{or} \quad q_i = S_{ij} Q_j$$

 S_{ij} משמעותו הוא הזזה של q_i עקב כוח מוכלל Q_j בגודל יחידה.

משפט ההדדיות של בטי-מקסוול:

$$S_{ij} = S_{ji}$$

המשפט השני של קסטיליאנו:

$$q_i = \frac{\partial U}{\partial Q_i}$$

5 הערות

חלק 1

1. וואו איזה הערה

חלק 3

2. ישנו הבדל מאוד משמעותי בין X_i ל- Q_i . בעוד X_i מחושב על כל החתך, Q_i מחושב על התת-חתך, כאשר x_i נתון ע"י מרכז המסה של כלל החתך A .